

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/011859

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G02B6/42, G02B6/36

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G02B6/36-43

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 9-61673 A (Kyocera Corp.), 07 March, 1997 (07.03.97), Par. Nos. [0026], [0047] (Family: none)	1-7 8
Y A	JP 2003-149502 A (Nippon Electric Glass Co., Ltd.), 21 May, 2003 (21.05.03), Full text; all drawings & US 2003/0009733 A1	1-7 8
Y A	JP 2003-222764 A (Kyocera Corp.), 08 August, 2003 (08.08.03), Par. Nos. [0017], [0036] (Family: none)	1-7 8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
18 November, 2004 (18.11.04)

Date of mailing of the international search report
07 December, 2004 (07.12.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/011859

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

[illegible]

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02B6/42, G02B6/36

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02B6/36-43

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2004年
日本国登録実用新案公報	1994-2004年
日本国実用新案登録公報	1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	JP 9-61673 A (京セラ株式会社) 1997.03.07 段落【0026】、【0047】 (ファミリーなし)	1-7 8
Y A	JP 2003-149502 A (日本電気硝子株式会社) 2003.05.21 全文、全図 &US 2003/0009733 A1	1-7 8

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

18. 11. 2004

国際調査報告の発送日

07.12.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

日夏 貴史

2K

9411

電話番号 03-3581-1101 内線 3253

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	JP 2003-222764 A (京セラ株式会社) 2003.08.08 段落【0017】、【0036】 (ファミリーなし)	1-7 8
Y A	JP 9-15449 A (京セラ株式会社) 1997.01.17 段落【0007】 (ファミリーなし)	1-7 8
Y A	JP 2003-107288 A (京セラ株式会社) 2003.04.09 段落【0024】 (ファミリーなし)	1-7 8
Y A	JP 2002-350693 A (京セラ株式会社) 2002.12.04 段落【0025】 (ファミリーなし)	1-7 8
Y A	JP 2003-50337 A (日本電気硝子株式会社) 2003.02.21 全文、全図 &US 2002/0039472 A1	5-7 8

明細書

光レセプタクル

技術分野

本発明は、光ファイバコネクタとの間で信号を光学的に受・発光素子に接続するために用いられる光レセプタクルに関する。

背景技術

従来の光レセプタクル1は、図3（A）に示すように、割りスリーブ2を使用したタイプである。この光レセプタクル1では、スタブホルダー3に光ファイバ付スタブ4が圧入あるいは接着剤で固定されており、十分な弾性を有する割りスリーブ2に光ファイバ付スタブ4が把持され、割りスリーブ2の締め代により閉じられて保持されている。この光レセプタクル1の割りスリーブキャップ5の開口部5aから光コネクタフェルール7が挿入され、割りスリーブ2によって、光コネクタフェルール7と光ファイバ付スタブ4とが同軸に精密にアライメントされる。光レセプタクル1の後方には、光半導体6aと、レンズ6bと、これらを保持するホルダ6cとを具備した受・発光素子6が配設され、割りスリーブ2によって、光コネクタフェルール7と光ファイバ付スタブ4とが同軸に精密にアライメントされることにより、受・発光素子6と光コネクタフェルール7内の光ファイバ7aとが光ファイバ付スタブ4を介して光学的に結合される。

図3（A）の光レセプタクル1は最もオーソドックスなものであり、光ファイバ付スタブ4を用いて光コネクタと同軸接続する為に考案された初期のスタイルである。最近では、伝送装置自体の小型化のニーズが高く、それに使われる光レセプタクルの短尺化の要求が厳しい。この小型化を達成する為にさまざまな形態が取られている。例えば、特許文献1には、図3（B）に示すように、短い光ファイバ付スタブ4を精密に同軸上にアライメントすることができ、かつ、光ファイバ付スタブ4が短くても割りスリーブ2に強固に保持され緩まないように、保持用リング8が割りスリーブ2と割りスリーブキャップ5との間に圧入される構

造を持つ、4つの部品からなる小型の光レセプタクル1 aが開示されている。

また、特許文献2には、図3 (C) に示すように、その全体に割りが入っているのではなく、光コネクタフェルール7の挿入側にのみ割りが入っており、光ファイバ付スタブ4側には割りが無い割りスリーブ9に、光ファイバ付スタブ4が接着固定されており、上記と同様に、光ファイバ付スタブ4の全長を短くし、かつ、精密に同軸上にアライメントできるようにした小型の光レセプタクル1 bが開示されている。この光レセプタクル1 bでは、光ファイバ付スタブ4がスタブホルダー3に圧入または接着剤で固定され、上記の特殊な割りスリーブ9が光ファイバ付スタブ4に固定され、割りスリーブ9を覆うように割りスリーブキャップ5が固定されており、合計4つの部品が用いられる。

一方で、本発明の発明者等による特許文献3には、光ファイバ用毛細管の内孔と光ファイバとの同心度を確保するために、内孔の表面粗さの R_a 値が $0.1 \mu m$ から $0.5 \mu m$ である光ファイバ用毛細管と、それを用いた光ファイバ付スタブが開示されている。

また、特許文献2及び特許文献4には、フェルールのスリーブに対する挿入性を確保するために、フェルールの外周面及びスリーブの内周面は、その表面粗さの R_a 値が $0.2 \mu m$ 以下である光レセプタクルが開示されている。

特許文献1：特開平10-332988号公報

特許文献2：特開2003-107288号公報

特許文献3：特開2003-149502号公報

(US 2003 095753 A1)

特許文献4：特開2003-222764号公報

上記の従来の光レセプタクル1は、光ファイバ付スタブ4がスタブホルダー3に固定されており、光コネクタフェルール7と光ファイバ付スタブ4とを同軸上にアライメントするための部品として、割りが設けられた割スリーブ2を使用している。しかしながら、割りスリーブ2は、光ファイバ付スタブ4を把持しているだけで、固定されていないので、光コネクタフェルール7が挿入抜去されたときに抜けないようにするために、割りスリーブキャップ5が必要となる。その結果、光レセプタクル1を構成する為には最低4つの部品が必要となる。これらの

部品は、何れもこの形態の光レセプタクルを構成する為の必須要素であるので、これ以上部品点数を少なくすることができず、コストの削減が困難であるという問題がある。

また、光デバイスの小型化を実現するために、高密度な導光部材の実装を図る上で、光ファイバ付スタブ4はできるだけ短い方が好ましい。しかし、光ファイバ付スタブ4を短くすると、割りスリーブ2の把持力が弱くなり、光コネクタのフェルール7が割りスリーブ2に挿入された際に、横荷重がかかった場合、同軸のアライメントを保つことができなくなる。そのため、短い光ファイバ付スタブ4の光軸と光コネクタフェルール7の光軸との間に角度ズレが生じて、同軸上の精密なアライメントが維持できなくなる。したがって、光ファイバスタブ4をこれ以上短くすることができない。

また、特許文献1の光レセプタクルは、小型化は達成できているが、短い光ファイバ付スタブ4の光軸とシングルモード光ファイバ用の光コネクタフェルール7の光軸との位置関係を安定維持させるために、補強用の保持リング8が必要となり、結果として高価な部品の点数が多くなってしまいうという問題がある。

また、特許文献2の光レセプタクルは、小型化は達成できているが、途中までスリットが入った特殊な割りスリーブ9が必要であり、より複雑な加工が必要になるのでコストアップが避けられない。また、従来の光レセプタクル1と同様に割りスリーブキャップ5を必要とするので、部品点数をこれ以上少なくすることができない。

発明の開示

本発明の目的は、高い精度及び高い信頼性を維持し、かつ小型で部品点数が少なく製造コストの安価な光レセプタクルを提供することである。

本発明に係る光レセプタクルは、精密スリーブと、精密スリーブの内孔の一端に接着剤を介して固定された光ファイバ付スタブと、精密スリーブの外周に圧入又は接着剤で固定されたスリーブホルダとを備えている。そして、光ファイバ付スタブの外周および／または精密スリーブの内孔の表面粗さのR_a値が0.1 μ m以上、0.5 μ m以下である。ここで、「精密スリーブ」とは、割りスリーブの

ような割りが設けられておらず、挿入される光コネクタフェルールの外径よりも大きい内径を有する管状のスリーブを意味する。また、「R_a」は、日本工業規格 J I S - B - 0 6 0 1 (I S O 4 2 8 7 と同等の内容) で定義されている算術平均粗さである。

光ファイバ付スタブの外周および／または精密スリーブの内孔の表面粗さは、R_a 値が 0. 1 μm 以下であると、光ファイバ付スタブの外周または精密スリーブの内孔に塗布される接着剤が均等な厚さにならず、光ファイバ付スタブが精密スリーブの内孔側壁に近づいて偏心する傾向にある。

一方、光ファイバ付スタブの外周において、表面粗さの R_a 値が 0. 5 μm を超えると、J I S - B - 0 6 0 1 で最大粗さとして定義されている R_y 値も相当量大大きくなることが予想され、外周の表面粗さの平均線によってできる円の中心に対し、外周の最小外接円筒の中心位置がずれてしまう場合が多くなって、外周の本来の真円度自体が実質上悪くなる。

本発明において、光ファイバ付スタブ外周の表面粗さの R_a 値は、0. 1 μm 以上、0. 5 μm 以下であることが重要であり、塗布される接着剤を安定して均等な厚さにする上で、R_a 値は 0. 2 μm を超えていることが好ましい。また、表面粗さの平均線によってできる円の中心に対し、外周の最小外接円筒の中心位置ずれを抑制して、外周の真円度をより高める観点から、表面粗さの R_y 値は 4. 0 μm 以下であることが好ましく、さらに、表面粗さの平均線と山頂線との差 δ も 2. 0 μm 以下であることが好ましい。

また、精密スリーブの内孔の表面粗さの R_a 値が 0. 5 μm を超えると、最大粗さ R_y 値も相当量大大きくなることが予想され、上記と同様に、精密スリーブの内孔の表面粗さの平均線によってできる円の中心に対し、内孔の最大内接円筒の中心位置がずれてしまう場合が多くなって、内孔の本来の真円度自体が実質上悪くなる。

本発明において、精密スリーブの内孔の表面粗さの R_a 値は、0. 1 μm 以上、0. 5 μm 以下であることが重要であり、塗布される接着剤を安定して均等な厚さにする上で、R_a 値は 0. 2 μm を超えていることが好ましい。また、表面粗さの平均線によってできる円の中心に対し、内孔の最大内接円筒の中心位置ずれ

を抑制して、内孔の真円度をより高める観点から、表面粗さの R_y 値は $4.0 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、さらに、表面粗さの平均線と山頂線との差 δ も $2.0 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

このような表面粗さの外周もしくは内孔は、光ファイバ付スタブや精密スリーブの材料粒子の大きさや量を制御することにより達成できる。また、機械加工によって光ファイバ付スタブの外周の表面粗さの R_a 値を、 $0.1 \mu\text{m}$ 以上、 $0.5 \mu\text{m}$ 以下に調節することも可能である。

スリーブホルダの材料としては、金属または樹脂が使用可能である。特にステンレス鋼やその他の金属材料で形成され、所望の剛性、形状安定性、及び耐候性を有するものが好適であり、光レセプタクルの後方に配置される受発光素子部品が金属で出来ていることが多いので、溶接性等を考慮すると SUS304、SUS430 がより好ましい。

本発明において、光ファイバ付スタブの外周に対する光ファイバのコアの同心度は $0.5 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

上記の同心度が $0.5 \mu\text{m}$ を超えると、精密スリーブにより光ファイバ付スタブの外周を保持した場合に、その内孔に保持された光ファイバの光軸が精密スリーブの内孔の中心から $0.5 \mu\text{m}$ 以上ずれる可能性がある。そして、この光軸のずれに、その他の偏心因子が累積すると、光ファイバ付スタブの光軸と、これに接続されるシングルモード光ファイバ用の光コネクタフェルールの光軸とを、実用レベルに軸合わせすることができなくなる。

本発明において、精密スリーブの内孔は、光ファイバコネクタフェルールの外径よりも 0 から $1.5 \mu\text{m}$ 大きい内径を有することが好ましい。

剛性の精密スリーブの内孔は、その内径が光ファイバコネクタフェルールの外径よりも小さいと、その材料に十分な弾性がなく、割りも設けられていないので、光ファイバコネクタフェルールを挿入することができない。また、接続損失を増大させないために、光コネクタフェルールの外径と精密スリーブの内孔の内径との差は小さい方がよい。好ましくは、精密スリーブの内孔の内径が光ファイバコネクタフェルールの外径よりも大きく、その差が 0 から $1.5 \mu\text{m}$ であると、光ファイバ付スタブのファイバコアと光ファイバコネクタフェルールの光ファイバコ

アの軸ずれ量が $0.5\mu\text{m}$ 以下となり、より安定した接続特性が達成できる。

光ファイバ付スタブを構成する毛細管は、結晶化ガラス製であることが好ましい。ここでの毛細管は、光ファイバ付スタブに突き合わせ接続される光コネクタフェルールと同等の外径、内径、同心度等の寸法精度を有することが好ましい。

結晶化ガラスは、本発明の光ファイバ付スタブの毛細管や精密スリーブの材料として最も好適である。光ファイバ付スタブの毛細管や精密スリーブが結晶化ガラス製である場合、機械加工で表面粗さを調節する以外に、材料組成、熱処理温度などで表面粗さを自在にコントロールできる。本発明で使用する結晶化ガラスとしては、毛細管の外周の表面粗さの R_a 値が $0.1\mu\text{m}$ 以上、 $0.5\mu\text{m}$ 以下となるような結晶粒径や結晶量を有する結晶化ガラスであれば使用可能であり、例えば、その結晶粒径が $0.1\mu\text{m}$ から $1.0\mu\text{m}$ 程度で、結晶量としては30から70質量%であれば好適である。

また、本発明において、精密スリーブは、ガラス製または結晶化ガラス製とすることができる。

精密スリーブが、ガラスあるいは結晶化ガラス材質の場合、機械加工で寸法を調節するのではなく、延伸成形技術を用いて製造可能なため、量産によりコストダウンを図る上で好適である。精密スリーブがガラス製の場合、幅広い組成範囲で延伸成形が可能なため、熱膨張係数を調整することが必要な場合に有利である。また、精密スリーブが結晶化ガラス製の場合、成形と表面粗さの調整が一度にできるので、材質としては最も好適である。一方、本発明で精密スリーブに使用する結晶化ガラスとしては、内孔の表面粗さの R_a 値が $0.1\mu\text{m}$ 以上、 $0.5\mu\text{m}$ 以下となるような結晶を析出させるものであれば使用可能であり、特に非晶質ガラス中に析出する主結晶の結晶粒径が $0.1\mu\text{m}$ から $1.0\mu\text{m}$ 程度のものが好ましく、例えば、主結晶として β -スポジュメン固溶体等を含むものが好適である。

本発明の光レセプタクルは、接着剤が、最大粒径が $0.5\mu\text{m}$ 以下で、かつ平均粒径が $0.3\mu\text{m}$ 以下のフィラーを10体積%以上含んでいることが好ましい。

フィラーの最大粒径が $0.5\mu\text{m}$ 以上であり、あるいは、平均粒径が $0.3\mu\text{m}$ 以上であると、フィラー自体が精密スリーブと光ファイバ付スタブとの間隙に

均等に充填されなくなる。また、光ファイバ付スタブを細くして、精密スリーブと光ファイバ付スタブとの間隙を大きくすると、接着剤層の厚さ自体が厚くなりすぎて、光ファイバ付スタブを精密スリーブの内孔の中心位置に保持することが困難になるばかりか、接着剤が多くなることで耐候性や光学安定性等の信頼性が低下する可能性がある。また、フィラーの配合量が10体積%以下であると、接着剤の硬化時の体積収縮や、温度変化に伴う膨張収縮の影響を十分に抑制することが困難である。なお、組立に用いられるエポキシ樹脂製の接着剤では、硬化の際におよそ20%程度の体積収縮が生じる。このような接着剤の収縮による光ファイバ付スタブの位置ずれを防ぐには、接着剤にガラス、セラミックもしくは金属等からなる、最大粒径が $0.5\mu\text{m}$ 以下で、かつ平均粒径が $0.3\mu\text{m}$ 以下のフィラーを混合することが効果的である。このようなフィラーを混合することにより、チクソトロピック性が付与されて、液ダレの防止効果や接着剤の強度向上にも効果がある。

本発明の光レセプタクルは、精密スリーブと、精密スリーブの内孔の一端に接着剤を介して固定された光ファイバ付スタブと、精密スリーブの外周に圧入又は接着剤で固定されたスリーブホルダを具備し、光ファイバ付スタブの外周および／または精密スリーブの内孔の表面粗さのRa値が $0.1\mu\text{m}$ 以上、 $0.5\mu\text{m}$ 以下であるので、このような表面粗さを有する表面の性状に起因して、精密スリーブ内で光ファイバ付スタブの外周に一樣に接着剤がいきなり、光ファイバ付スタブを精密スリーブの中心に位置させることができる。このため、均等な厚さの接着剤の層を介して光ファイバ付スタブを従来よりも正確に精密スリーブの中心に安定して保持することが可能となり、割りスリーブを使用せずとも実質的に十分実用可能な低損失の光レセプタクルが構築できる。また、それぞれの部材は接着剤で固定しているので、従来のような間隙を設けたルーズな割りスリーブキャップが不要となり、部品点数が削減され、より安価な光レセプタクルが提供できる。

さらに、接着剤により、それぞれの部材が割りスリーブの把持力にくらべて強固に固定されているので、光ファイバ付スタブの全長を短尺化することが容易であり、かつ性能を落とすことなく実現できる。また、割りスリーブタイプのよう

に補強用の保持用リング等の特殊な部材を追加して用いる必要がない。

さらに、精密スリーブの内孔の表面粗さの R_a 値が $0.1\mu\text{m}$ 以上、 $0.5\mu\text{m}$ 以下である構成を採用することにより、さらに均等な厚さの接着剤の層を介して光ファイバ付スタブを精密スリーブの中心位置に安定保持して固定することが可能となる。

また、光ファイバ付スタブの外周に対する光ファイバのコアの同心度を $0.5\mu\text{m}$ 以下とすることが、光レセプタクル内を伝播する光信号の損失を抑える上で好ましく、精密スリーブの内孔の内径を光ファイバコネクタフェルールの外径よりも 0 から $1.5\mu\text{m}$ 大きくすることが、さらに好ましい。

さらに、光ファイバ付スタブの毛細管を結晶化ガラス製とすることにより、組成を工夫することで、延伸成形により容易に高精度な寸法を有する毛細管を得ることができ、かつ結晶の析出状態を制御することにより、外周の表面粗さの R_a 値が $0.1\mu\text{m}$ 以上、 $0.5\mu\text{m}$ 以下である毛細管を容易に得ることができる。

また、精密スリーブをガラス製または結晶化ガラス製とすることにより、組成を工夫することで、延伸成形により所望の形状、寸法を容易に得ることができる。また、結晶化ガラスの場合、結晶の析出状態により内孔の表面粗さの R_a 値が $0.1\mu\text{m}$ 以上、 $0.5\mu\text{m}$ 以下である精密スリーブが容易に実現可能となる。

さらに、接着剤が、最大粒径が $0.5\mu\text{m}$ 以下で、かつ平均粒径が $0.3\mu\text{m}$ 以下のフィラーを 10 体積%以上含んでいる構成とすることにより、精密スリーブと光ファイバ付スタブとの間の接着剤層を円周方向に渡って均一に形成し易く、光ファイバ付スタブを精密スリーブの中心に安定して保持することがより容易に達成可能となる。

さらに、光ファイバ付スタブを所望の剛性を有する精密スリーブの内孔内で自己調心させた上で接着固定することにより、光コネクタフェルールを挿入した際に、殆ど変形が無く、光ファイバ付スタブと光コネクタフェルールとが高精度で同軸上に配置される。そのため、本発明の光レセプタクルは、性能を劣化させずに、光ファイバ付スタブをできる限り短くすることが可能であり、より高密度の実装が可能である。

上記のような本発明の光レセプタクルは、高い精度と高い信頼性を有し、小型

で部品点数が少なく、製造コストが安価である。

図面の簡単な説明

図 1 (A) は、結晶化ガラス製またはガラス製の精密スリーブを使用した光レセプタクルに光コネクタを接続するときの状態を示す要部断面図、図 1 (B) は、結晶化ガラス製の精密スリーブをスリーブホルダに圧入した光レセプタクルに光コネクタを接続するときの状態を示す要部断面図である。

図 2 (A) は、光ファイバ付スタブの外周の表面粗さを測定したチャート、図 2 (B) は、精密スリーブの内孔の表面粗さを測定したチャートである。

図 3 は、従来の光レセプタクルを示しており、図 3 (A) は、割りスリーブを使用した光レセプタクルに光コネクタを接続するときの状態を示す要部断面図、図 3 (B) は、割りスリーブに保持リングを併用して小型化した光レセプタクルに光コネクタを接続するときの状態を示す要部断面図、図 3 (C) は、部分的に割りが入ったスリーブを使用して小型化した光レセプタクルに光コネクタを接続するときの状態を示す要部断面図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施の形態に係る一例について図 1 を用いて詳細に説明する。図中、1 1 及び 2 1 は光レセプタクルを、1 2 及び 2 2 は精密スリーブを、1 2 a 及び 2 2 a は内孔を、1 3 及び 2 3 は金属製のスリーブホルダを、1 4 は光ファイバ付スタブを、1 5 は光コネクタフェルールを、1 6 は接着剤をそれぞれ示している。

光コネクタフェルールと光ファイバ付スタブとの接続部の接続損失、即ち L_{oss} (単位: dB) は、それぞれ突き合わされる端面の光ファイバコア同士の軸ずれ量で決まり、下記の数式 1 で見積られる。ここで、数式 1 中の d は光ファイバコア同士の軸ずれ量を、 w は光ファイバのモードフィールド径を示している。

$$L_{oss} = 4.34 \{d / (w / 2)\}^2 \cdots \text{数式 1}$$

従来の光レセプタクルでは、光ファイバ付スタブあるいは光コネクタフェルールの外周とその内孔内の光ファイバコアの同心度が最大 $1.0 \mu\text{m}$ 、すなわち光フ

アイバコアの偏心としては、それぞれ $1/2$ の $0.5\mu\text{m}$ づつであり、光ファイバ自身のコアの偏心は非常に小さいため、これを無視すると、光ファイバ付スタブあるいは光コネクタフェルールの内孔内での光ファイバの偏心はそれぞれ最大 $0.5\mu\text{m}$ づつあるので、接続部の軸ずれ量は最大 $2.0\mu\text{m}$ 発生し、モードフィールド径 $w=10\mu\text{m}$ では、数式1で算出すると、接続損失（即ち L_{oss} ）は約 0.7dB となる。割りスリーブタイプの場合、把持力によってのみ、上記の同軸アライメントを達成しているもので、これを小型化のために光ファイバ付スタブを短尺化した場合、割りスリーブの把持力が弱くなり、横荷重がかかった場合、同軸のアライメントを保つことができなくなくなる。したがって、接続損失は、上記の算出値よりもさらに悪くなる。

この実施形態の光レセプタクル11は、精密スリーブ12の内孔12a及び／又は光ファイバ付スタブ14の外周が上述した表面粗さを有することにより、介在する接着剤16の厚さが均等になって、その調心効果により、例えば、光ファイバ付スタブ14の外径と精密スリーブ12の内孔12aの内径との差が $1.5\mu\text{m}$ のとき、精密スリーブ12の中での光コネクタフェルール15の外周の偏心が $0.75\mu\text{m}$ 、光ファイバ付スタブ14の毛細管14bの同心度を $0.5\mu\text{m}$ としているので、光ファイバ付スタブ14の外周に対する内孔の偏心が $0.25\mu\text{m}$ 、光コネクタフェルール15の外周に対する内孔の同心度は通常 $1.0\mu\text{m}$ であるので、その偏心は $0.5\mu\text{m}$ 、光コネクタフェルール15の内孔内での光ファイバ15aの偏心が $0.5\mu\text{m}$ であり、その総和が $2.0\mu\text{m}$ となる。したがって、この例において、光コネクタフェルール15と光ファイバ付スタブ14の接続部での最大軸ずれ量は $2.0\mu\text{m}$ であり、上記の数式1から、最大接続損失は 0.7dB となる。このように、この実施形態の光レセプタクル11は、従来と同等の性能を有し、十分使用可能である。精密スリーブ12を用いる場合、同軸アライメントは寸法精度によって担保されているので、小型化のために光ファイバ付スタブを短尺化しても上記と同じ性能が維持される。

また、図1（B）に示す他の実施形態の光レセプタクル21は、短尺のスリーブホルダ23に、内孔22aの表面粗さが R_a 値で $0.1\mu\text{m}$ 以上、 $0.5\mu\text{m}$ 以下である結晶化ガラス製の精密スリーブ22を圧入により固定したものである。

【実施例 1】

光ファイバ付スタブ及び精密スリーブを、下記の表 1 に示す組成を有する結晶化ガラスで形成した。

表 1

試料No.		1	2	3	4	5
ガラス組成（質量％）	SiO ₂	57.8	66.3	67.4	64.3	65.9
	Al ₂ O ₃	24.6	18.2	16.6	18.0	18.2
	Li ₂ O	2.7	2.3	2.3	2.5	2.0
	K ₂ O	7.0	3.4	3.5	5.0	3.4
	TiO ₂	2.8	1.8	3.0	3.0	1.5
	ZrO ₂	3.2	1.8	1.8	2.0	1.8
	ZnO	1.0	3.1	2.0	3.1	3.6
	MgO	—	1.0	1.0	1.0	1.5
	CaO	—	—	—	0.4	0.6
	BaO	—	—	—	0.5	1.4
	B ₂ O ₃	—	—	2.0	—	—
	Na ₂ O	0.4	—	—	—	—
	P ₂ O ₅	—	—	0.4	—	—
	As ₂ O ₃	0.5	—	—	0.2	0.1
	Bi ₂ O ₃	—	2.1	—	—	—
結晶化条件（℃）						
核形成温度		780	780	790	780	780
結晶成長温度		1000	1000	980	1050	1000
主 結 晶		β-石英固溶体	β-珪酸固溶体	β-珪酸固溶体	β-珪酸固溶体	β-珪酸固溶体

図1 (A) に示すように、実施例1の光レセプタクル11は、光コネクタフェルール15の外径よりも0から1.5 μm 大きい内径の内孔を有する結晶化ガラス製の精密スリーブ12と、精密スリーブ12の内孔12aの一端部に挿入され、接着剤16により接着固定された光ファイバ付スタブ14とを備えている。光ファイバ付スタブ14は、結晶化ガラス製の毛細管14bの内孔に光ファイバ14aを挿入し接着したものである。光ファイバ付スタブ14の端面14cには、反射光がレーザーダイオード等に入ってノイズにならないように、光信号の入射軸に垂直な平面に対して8°の角度をなすように研磨加工が施されており、反対側の先端面は周縁部に面取が設けられて光ファイバ14aのコアを中心としたPC (physical contact 即ち物理的接触の略称) 接続用の凸球面に研磨されている。光ファイバ付スタブ14の外周に対する内孔の同心度は0.5 μm 以下であり、光ファイバ14a自身のコアの偏心は非常に小さく無視でき、また、内孔内で接着剤により自己調心されるため、光ファイバ付スタブ14の外周と光ファイバ14aのコアの同心度は0.5 μm 以下である。また、光ファイバ付スタブ14の外径は、光コネクタフェルール15と同じ外径及び公差を有している (外径2.499 mm + / - 0.0005 mm、あるいは、外径1.249 mm + / - 0.0005 mm)。

図2 (A) は、光ファイバ付スタブ14の外周の表面粗さを測定したチャートであり、そのRa値は0.29 μm 、Ry値は2.17 μm 、表面粗さの平均線と山頂線との差 δ は1.05 μm であった。図2 (B) は、精密スリーブ12の内孔12aの表面粗さを測定したチャートであり、そのRa値は0.30、Ry値は2.19 μm 、表面粗さの平均線と山頂線との差 δ は1.15 μm であった。

また、光ファイバ付スタブ14を構成する毛細管14bの内孔の表面粗さをRa値で0.1 μm 以上、0.5 μm 以下とした場合、この表面粗さの効果により、光ファイバ14aは毛細管14bの内孔内で接着剤により自己調心されるため、毛細管14bの内孔内での光ファイバ14aの偏心は無視できる。したがって、光ファイバ付スタブ14中の光ファイバ14aのコアの偏心は、光ファイバ付スタブ14の毛細管14bの外周に対する内孔の同心度0.5 μm のみできまり、同心度として0.5 μm 以下、偏心としては0.25 μm 以下で、例えば0.17

5 μm となった。

実施例1の光レセプタクル11は、光ファイバ付スタブ14の外周と精密スリーブ12の内孔12aの表面粗さのRa値が上記の値になっており、この表面粗さの効果により、光ファイバ付スタブ14が精密スリーブ12の内孔12a内で接着剤16により自己調心されるため、精密スリーブ12の内孔12a内での光ファイバ付スタブ14の偏心は殆どなくなった。

また、精密スリーブ12と光ファイバ付スタブ14の毛細管14bを結晶化ガラスで形成することにより、精密スリーブ12の内孔12aと光ファイバ付スタブ14の外周の表面粗さのRa値を0.1 μm 以上、0.5 μm 以下に容易にすることができる。また、この表面粗さの効果により、上記のように、光ファイバ付スタブ14が精密スリーブ12の内孔12a内で調心され、内孔12aの中心に位置するようになるので、接続部での光ファイバ14aのコアと光ファイバ15aのコアとの間の軸ずれ量は最大でも2.0 μm となり、接続損失として0.7 dB以下が達成でき、短い光ファイバ付スタブ14を使用しても、従来品と同等の性能が得られる。

さらに、光コネクタフェルール15を結晶化ガラスで形成し、その内孔の表面粗さをRa値で0.1 μm 以上、0.5 μm 以下とした場合、この表面粗さの効果により、光ファイバ15aは光コネクタフェルール15の内孔内で自己調心されるため、接続部での光ファイバ14aのコアと光ファイバ15aのコアとの間の軸ずれ量は最大でも1.5 μm となり、接続損失として0.4 dB以下が達成でき、より優れた特性が得られた。

【実施例2】

内孔12aの表面粗さがRa0.3 μm 、外径1.80mm、内径1.2495+0.0005/-0mmの結晶ガラス製の精密スリーブ12を作製した。また、内孔及び外周の表面粗さがRa0.3 μm 、外径1.2490+/-0.0005mm、同心度0.5 μm の結晶ガラス製の毛細管14bに光ファイバ14aを挿入し接着して、光ファイバ付スタブ14を作製した。そして、精密スリーブ12の内孔12aに光ファイバ付スタブ14をエポキシ系接着剤16で固定すると共に、精密スリーブ12をスリーブホルダ13の内孔にエポキシ系接着剤1

6で固定して光レセプタクル11を作製した。作製した光レセプタクル11のサンプル数は10個であった。このようにして作製した光レセプタクル11の精密スリーブ12の内孔12aに、光コネクタフェルール15を挿入して光ファイバ付スタブ14と突き合わせ、光ファイバ14aのコアと光ファイバ15aのコアとをPC (physical contact の略称) 接続し、その状態で接続損失を測定した。接続損失の測定は、光レセプタクル11の各サンプルについて、光コネクタフェルール15の着脱を10回行い、10回の測定を行った。

光レセプタクル11に光コネクタフェルール15を接続した状態において、光コネクタフェルール15の外径と精密スリーブ12の内孔12aの内径との差は最大で $1.5\mu\text{m}$ であり、精密スリーブ12の内孔12a内での光コネクタフェルール15の偏心は最大で $0.75\mu\text{m}$ となる。これに、光ファイバ付スタブ14の毛細管14bの外周中心に対する内孔中心の偏心 $0.25\mu\text{m}$ を加算し、さらに、光コネクタフェルール15の外周中心に対する内孔中心の偏心 $X\mu\text{m}$ 、光コネクタフェルール15の内孔内での光ファイバ15aの偏心 $Y\mu\text{m}$ とを加算した $(1.0 + X + Y)\mu\text{m}$ が、PC接続部の最大の軸ずれ量となる。光ファイバ付スタブ14は、上記の表面粗さの効果により、精密スリーブ12の内孔12a内で調心されるので、両者の偏心は考慮に入れなくても良い。

光コネクタフェルール15を結晶化ガラスで形成し、その同心度を $0.7\mu\text{m}$ 、内孔の内径を光ファイバ15aの径よりも $0.5\mu\text{m}$ 大きくした場合、平均接続損失 0.14dB 、最大接続損失 0.31dB と優れた特性が得られた。測定データを表2に示す。

表 2

試料：結晶化ガラススリーブ＋結晶化ガラススタブ＋結晶化ガラスフェルール			
測定数	平均接続損失 (dB)	最大接続損失 (dB)	標準偏差 (dB)
10	0.14	0.31	0.10

上記の測定結果と数式1より、光ファイバ14aのコアと光ファイバ15aのコアとの軸ずれ量は平均で $0.9\mu\text{m}$ 、最大で $1.34\mu\text{m}$ となる。この場合、光コネクタフェルール15の同心度による内孔の偏心 X は $0.35\mu\text{m}$ であり、また、光コネクタフェルール15の内孔内での光ファイバ15aの偏心 Y は、光

コネクタフェルール 15 を結晶化ガラス製としているため実質的に 0 となり、理論最大軸ずれ量は $1.35 \mu\text{m}$ となる。軸ずれ量が最大でもこのような値になるので、この実施例の効果は大である。

また、光コネクタフェルール 15 をジルコニアで形成し、その同心度を $1.0 \mu\text{m}$ 、内孔の内径を光ファイバ 15 a の径よりも $0.5 \mu\text{m}$ 大きくした場合、平均接続損失 0.25 dB 、最大接続損失 0.43 dB という特性が得られた。測定データを表 3 に示す。

表 3

試料：結晶化ガラススリーブ＋結晶化ガラスコア＋ジルコニアフェルール			
測定数	平均接続損失 (dB)	最大接続損失 (dB)	標準偏差 (dB)
10	0.25	0.43	0.12

上記の測定結果と数式 1 より、光ファイバ 14 a のコアと光ファイバ 15 a のコアとの軸ずれ量は平均で $1.2 \mu\text{m}$ 、最大で $1.57 \mu\text{m}$ となる。この場合、光コネクタフェルール 15 の同心度による内孔の偏心 X は $0.5 \mu\text{m}$ であり、また、光コネクタフェルール 15 の内孔内での光ファイバ 15 a の偏心 Y は $0.25 \mu\text{m}$ となり、理論最大軸ずれ量は $1.75 \mu\text{m}$ となる。軸ずれ量が最大でもこのような値になるので、この実施例の効果は大である。

【実施例 3】

外径 1.80 mm 、内径 $1.2495 + 0.001 / - 0 \text{ mm}$ のホウケイ酸ガラス製の精密スリーブ 12 を作製した。また、内孔及び外周の表面粗さが $Ra 0.3 \mu\text{m}$ 、外径 $1.2490 + / - 0.0005 \text{ mm}$ 、同心度 $0.5 \mu\text{m}$ の結晶ガラス製の毛細管 14 b に光ファイバ 14 a を挿入し接着して、光ファイバ付スタブ 14 を作製した。そして、精密スリーブ 12 の内孔 12 a に光ファイバ付スタブ 14 をエポキシ系接着剤 16 で固定すると共に、精密スリーブ 12 をスリーブホルダ 13 の内孔にエポキシ系接着剤 16 で固定して光レセプタクル 11 を作製した。作製した光レセプタクル 11 のサンプル数は 10 個であった。このようにして作製した光レセプタクル 11 の精密スリーブ 12 の内孔 12 a に、光コネクタフェルール 15 を挿入して光ファイバ付スタブ 14 と突き合わせ、光ファイバ 14 a のコアと光ファイバ 15 a のコアとを PC 接続し、その状態で接続損失を

測定した。接続損失の測定は、光レセプタクル 11 の各サンプルについて、光コネクタフェルール 15 の着脱を 10 回行い、10 回の測定を行った。

光レセプタクル 11 に光コネクタフェルール 15 を接続した状態において、光コネクタフェルール 15 の外径と精密スリーブ 12 の内孔 12 a の内径との差は最大で $2.00 \mu\text{m}$ であり、精密スリーブ 12 の内孔 12 a 内での光コネクタフェルール 15 の偏心は最大で $1.00 \mu\text{m}$ となる。これに、光ファイバ付スタブ 14 の毛細管 14 b の外周中心に対する内孔中心の偏心 $0.25 \mu\text{m}$ を加算し、さらに、光コネクタフェルール 15 の外周中心に対する内孔中心の偏心 $X \mu\text{m}$ 、光コネクタフェルール 15 の内孔内での光ファイバ 15 a の偏心 $Y \mu\text{m}$ とを加算した $(1.25 + X + Y) \mu\text{m}$ が、PC 接続部の最大の軸ずれ量となる。光ファイバ付スタブ 14 は、上記の表面粗さの効果により、精密スリーブ 12 の内孔 12 a 内で調心されるので、両者の偏心は考慮に入れなくても良い。

光コネクタフェルール 15 を結晶化ガラスで形成し、その同心度を $0.7 \mu\text{m}$ とした場合、平均接続損失 0.18 dB 、最大接続損失 0.35 dB と優れた特性が得られた。測定データを表 4 に示す。

表 4

試料：ガラススリーブ + 結晶化ガラススタブ + 結晶化ガラスフェルール			
測定数	平均接続損失 (dB)	最大接続損失 (dB)	標準偏差 (dB)
10	0.18	0.35	0.09

上記の測定結果と数式 1 より、光ファイバ 14 a のコアと光ファイバ 15 a のコアとの軸ずれ量は平均で $1.02 \mu\text{m}$ 、最大で $1.42 \mu\text{m}$ となる。この場合、光コネクタフェルール 15 の同心度による内孔の偏心 X は $0.35 \mu\text{m}$ であり、また、光コネクタフェルール 15 の内孔内での光ファイバ 15 a の偏心 Y は、光コネクタフェルール 15 を結晶化ガラス製としているため実質的に 0 となり、理論最大軸ずれ量は $1.60 \mu\text{m}$ となる。軸ずれ量が最大でもこのような値になるので、この実施例の効果は大である。

また、光コネクタフェルール 15 をジルコニアで形成し、その同心度を $1.0 \mu\text{m}$ とした場合、平均接続損失 0.25 dB 、最大接続損失 0.50 dB という特性が得られた。測定データを表 5 に示す。

表 5

試料：ガラススリーブ＋結晶化ガラススタブ＋シリコニアフェルール			
測定数	平均接続損失 (dB)	最大接続損失 (dB)	標準偏差 (dB)
10	0.25	0.50	0.13

上記の測定結果と数式1より、光ファイバ14aのコアと光ファイバ15aのコアとの軸ずれ量は平均で1.20 μm 、最大で1.70 μm となる。この場合、光コネクタフェルール15の同心度による内孔の偏心Xは0.50 μm であり、また、光コネクタフェルール15の内孔内での光ファイバ15aの偏心Yは0.25 μm となり、理論最大軸ずれ量は2.00 μm となる。軸ずれ量が最大でもこのような値になるので、この実施例の効果は大である。

【実施例4】

光ファイバ付スタブ14と精密スリーブ12とを接着する接着剤16として、平均粒径0.3 μm 、最大粒径0.5 μm のフィラーを配合した接着剤を使用した。また、光コネクタフェルール15を結晶化ガラスで形成し、その同心度を0.7 μm とした。そして、上記と同様にして接続損失を測定したところ、平均接続損失0.15 dB、最大接続損失が0.31 dBと優れた特性が得られた。測定データを表6に示す。

表 6

試料：ガラススリーブ＋結晶化ガラススタブ＋結晶化ガラスフェルール＋接着剤中フィラー			
測定数	平均接続損失 (dB)	最大接続損失 (dB)	標準偏差 (dB)
10	0.15	0.31	0.09

上記の測定結果と数式1より、光ファイバ14aのコアと光ファイバ15aのコアとの軸ずれ量は平均で0.93 μm 、最大で1.34 μm となる。この場合、光コネクタフェルール15の同心度による内孔の偏心Xは0.35 μm であり、また、光コネクタフェルール15の内孔内での光ファイバ15aの偏心Yは、光コネクタフェルール15を結晶化ガラス製としているため実質的に0となり、理

論最大軸ずれ量は1.35 μm となる。軸ずれ量が最大でもこのような値になるので、この実施例の効果は大である。

尚、フィラー入りの接着剤16は、調心効果に加えて次のような効果もあった。すなわち、フィラーの配合比を調節することにより、接着される結晶化ガラス製の光ファイバ付スタブ14やホウケイ酸ガラス製の精密スリーブ12に熱膨張を合わせて固定強度の劣化を防ぐ効果や、接着部の耐水性を高めることにより、長期信頼性を高めるという効果もあった。

請求の範囲

1. 精密スリーブと、精密スリーブの内孔の一端に接着剤を介して固定された光ファイバ付スタブと、精密スリーブの外周に圧入又は接着剤で固定されたスリーブホルダとを具備し、光ファイバ付スタブの外周および／または精密スリーブの内孔の表面粗さの R_a 値が $0.1\mu\text{m}$ 以上、 $0.5\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする光レセプタクル。

2. 光ファイバ付スタブの外周および／または精密スリーブの内孔の表面粗さの R_a 値が $0.2\mu\text{m}$ を超え、 R_y 値が $4.0\mu\text{m}$ 以下であり、表面粗さの平均線と山頂線との差が $2.0\mu\text{m}$ 以下である請求の範囲1に記載の光レセプタクル。

3. 光ファイバ付スタブの外周に対する光ファイバのコアの同心度が $0.5\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求の範囲1または請求の範囲2に記載の光レセプタクル。

4. 精密スリーブの内孔が、光ファイバコネクタフェルールの外径よりも0から $1.5\mu\text{m}$ 大きい内径を有することを特徴とする請求の範囲1から3の何れかに記載の光レセプタクル。

5. 光ファイバ付スタブの毛細管が結晶化ガラス製であることを特徴とする請求の範囲1から4の何れかに記載の光レセプタクル。

6. 精密スリーブがガラス製または結晶化ガラス製であることを特徴とする請求の範囲1から5の何れかに記載の光レセプタクル。

7. 結晶化ガラスが、結晶粒径が $0.1\mu\text{m}$ から $1.0\mu\text{m}$ であり、結晶量が30から70質量%である請求の範囲5または請求の範囲6に記載の光レセプタクル。

8. 接着剤が、最大粒径が $0.5\mu\text{m}$ 以下で、かつ平均粒径が $0.3\mu\text{m}$ 以下のフィラーを10体積%以上含んでいることを特徴とする請求の範囲1から7の何れかに記載の光レセプタクル。

FIG. 1 (A)

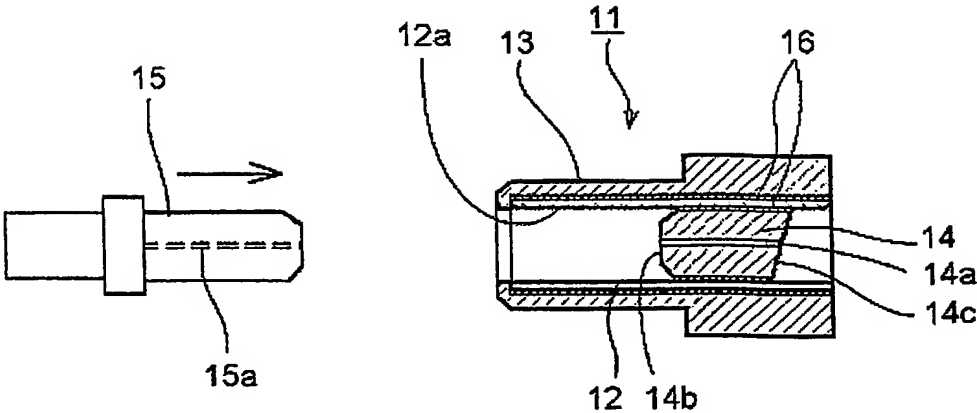


FIG. 1 (B)

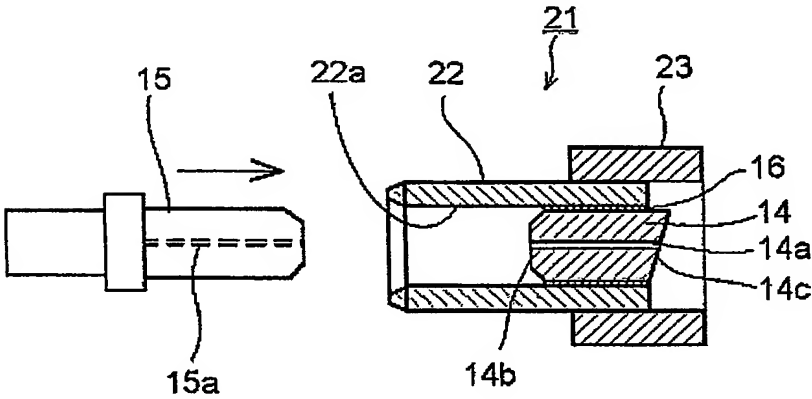


FIG. 2(A)

線粗さ		測定条件	
Ra	[μm]	0.29	ダークカット : 処理なし
Ry	[μm]	2.17	ブライトカット : 処理なし
Rz	[μm]	1.70	スムージング : 単純±2
δ	[μm]	1.05	傾き補正 : 自動
tp	[%]	36.72	
Sm	[μm]	6.75	
S	[μm]	1.34	
RMS	[μm]	0.36	
Cut	[mm]	なし	

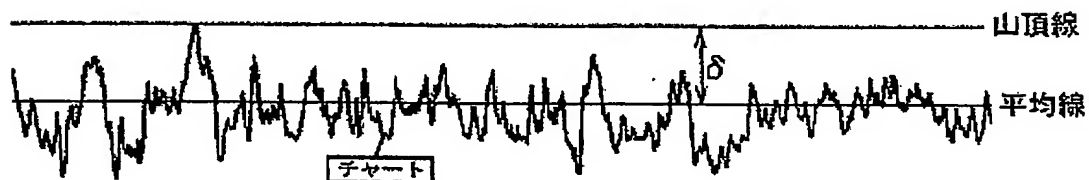


FIG. 2(B)

線粗さ		測定条件	
Ra	[μm]	0.30	ダークカット : 処理なし
Ry	[μm]	2.18	ブライトカット : 処理なし
Rz	[μm]	1.83	スムージング : 単純±2
δ	[μm]	1.15	傾き補正 : 自動
tp	[%]	27.34	
Sm	[μm]	7.21	
S	[μm]	2.20	
RMS	[μm]	0.38	
Cut	[mm]	なし	

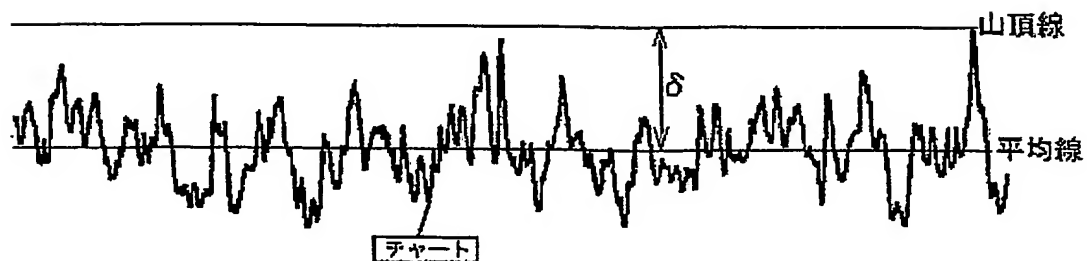


FIG. 3 (A)

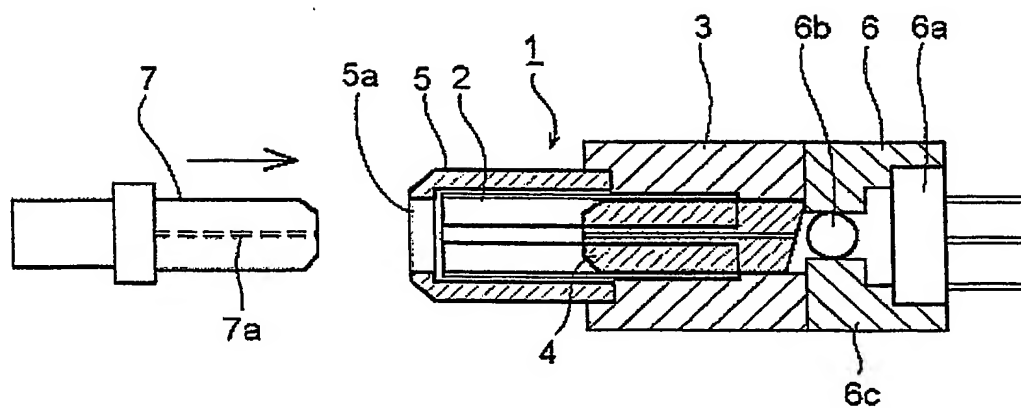


FIG. 3 (B)

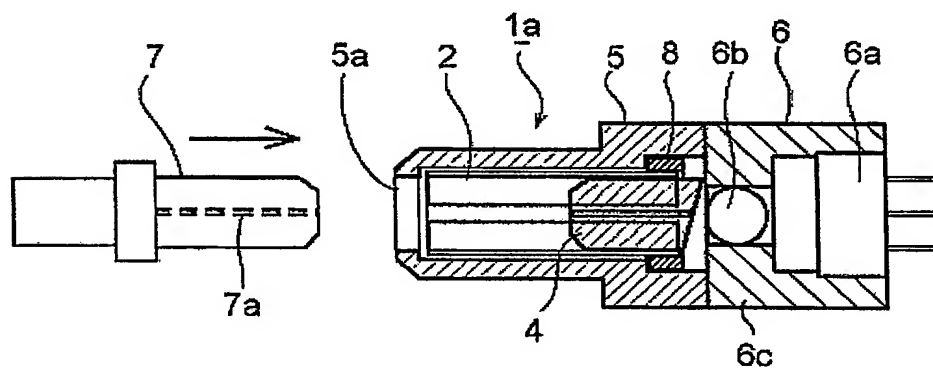


FIG. 3 (C)

